

10/535729	
REC'D 12 DEC 2003	
WIPO	PCT



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 54 479.4

**Anmeldetag:** 21. November 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Erkennen von Verbrennungs-  
aussetzern in einer Brennkraftmaschine

**IPC:** F 02 D 41/22

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

  
Wehner

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



## Beschreibung

## Verfahren zum Erkennen von Verbrennungsaussetzern in einer Brennkraftmaschine

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen von Verbrennungsaussetzern in einer Brennkraftmaschine.

Es sind bereits zahlreiche Verfahren zum Erkennen von  
10 Verbrennungsaussetzern in Brennkraftmaschinen bekannt, siehe  
z. B. EP 0 708 234, EP 0 716 298 und US 5,056,360. Diese Ver-  
fahren nutzen den physikalischen Effekt aus, dass ein Zylinder,  
bei dem ein Verbrennungsaussetzer auftritt, einen geringeren  
Beschleunigungswert als benachbarte Zylinder zeigt.  
15 Dieser physikalischer Effekt wird bei den vorbekannten Ver-  
fahren in der Weise ausgenutzt, dass eine von der Beschleunigung  
der Brennkraftmaschine abhängige Kenngröße wie z. B. ein  
Beschleunigungsindex oder eine sogenannte Zylinder-  
Segmentzeit mittels eines Überwachungs- und Analyseverfahrens  
20 bei laufender Brennkraftmaschine ständig ermittelt wird. Diese  
Kenngröße wird dann mit einem Schwellenwert verglichen.  
Der Schwellenwert wird in Abhängigkeit von dem Betriebspunkt  
der Brennkraftmaschine (z. B. in Abhängigkeit von der Drehzahl  
und Last) definiert, und er wird im allgemeinen einmal  
während der Kalibrierung der Brennkraftmaschine im Betriebs-  
steuergerät der Brennkraftmaschine in Form von Kennfeldern  
gespeichert. Wenn somit die für die Beschleunigung der Brennkraftmaschine  
laufend ermittelte Kenngröße unter diesen  
Schwellenwert fällt, wird auf einen Verbrennungsaussetzer in  
30 dem betrachteten Zylinder erkannt.

Eine grundsätzliche Schwierigkeit besteht bei diesen Erkennungsverfahren  
darin, dass es in speziellen Betriebsphasen der Brennkraftmaschine  
sehr schwierig ist, durch Verbrennungsaussetzer bedingte Drehzahl-  
schwankungen von betriebsbedingten Drehzahlchwankungen zu unterscheiden.  
35 Besonders betroffen sind Betriebsphasen hoher Drehzahl und niedriger

Last. Bei hohen Drehzahlen werden die zu messenden Zeitspannen (Segmentzeiten) immer kürzer, so dass sich kein Schwellenwert definieren lässt, der einen ausreichend großen Abstand zu der laufend ermittelten drehzahlabhängigen Kenngröße hat, um eine fehlerfreie Erkennung von Verbrennungsaussetzern zu ermöglichen.

Dies gilt auch für einen Betrieb der Brennkraftmaschine bei nicht optimalen Betriebsparametern, wie dies beispielsweise zum Aufheizen von Katalysatoren erforderlich ist. Um den Aufheizvorgang zu beschleunigen, wird die Brennkraftmaschine z.B. mit einer erhöhten Menge an Luft und Kraftstoff, jedoch mit sehr später Zündung betrieben. Die Zündung und Verbrennung des Kraftstoffes erfolgen daher teilweise unmittelbar im Katalysator und nicht im Zylinder. Die Folge ist ein sehr rascher Anstieg der Abgastemperatur. Da hierbei die Brennkraftmaschine nicht mit ihrem optimalen, sondern einem sehr späten Zündwinkel betrieben wird, erhöht sich auch die Laufunruhe der Brennkraftmaschine. Es kommt dann zu einem Anstieg und einer entsprechend großen Streuung der beschleunigungsabhängigen Kenngröße, was die Aussetzererkennung entsprechend erschwert.

Im Stand der Technik wurden zahlreiche Algorithmen entwickelt, um störende Einflüsse bei der Aussetzererkennung zu berücksichtigen und auch unter ungünstigen Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine eine sichere Aussetzererkennung zu ermöglichen. So kann beispielsweise beim Wechsel zwischen bestimmten Betriebsphasen (Katalysatorheizen oder nicht) von einem Schwellenwert auf einen anderen umgeschaltet werden. Es sind auch zahlreiche weitere Verfeinerungen der Algorithmen zur Aussetzererkennung bekannt, durch die es weitgehend gelungen ist, Verbrennungsaussetzer in relativ weiten Betriebsbereichen der Brennkraftmaschine ausreichend sicher zu erkennen. Allerdings muss dies im allgemeinen mit einem relativ großen Rechen- und Speicheraufwand im Betriebssteuergerät der Brennkraftmaschine erkaufte werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Erkennen von Verbrennungsaussetzern in einer Brennkraftmaschine anzugeben, das auf möglichst einfache Weise eine sichere Aussetzererkennung auf bei ungünstigen Betriebsbedingungen ermöglicht.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist in Anspruch 1 definiert.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird von einem herkömmlichen Aussetzererkennungsverfahren ausgegangen, bei dem eine von der Beschleunigung der Brennkraftmaschine abhängige Kenngröße mittels eines vorgegebenen Überwachungs- und Analyseverfahrens bei laufender Brennkraftmaschine ständig ermittelt und mit einem Schwellenwert verglichen wird. Die beschleunigungsabhängige Kenngröße ist beispielsweise ein Beschleunigungsindex, ein Drehmomentindex, eine Segmentzeit oder eine ähnliche Größe, wie sie z.B. aus den oben erwähnten Druckschriften bekannt sind. Zum Ermitteln dieser Kenngröße kann im Prinzip irgendein bekanntes Überwachungs- und Analyseverfahren mit einem mehr oder weniger komplizierten Algorithmus verwendet werden, wie es ebenfalls aus den oben genannten Druckschriften bekannt ist.

Die beschleunigungsabhängige Kenngröße ist ein Abbild des Verbrennungswirkungsgrades, da sie ein Maß für den durch die Verbrennung erzeugten Drehmomentenbeitrag der einzelnen Zylinder darstellt. Die Streuung bzw. zyklische Verteilung dieser Kenngröße spiegelt daher die Laufruhe der Brennkraftmaschine wieder.

Erfindungsgemäß wird daher die Streuung der beschleunigungsabhängigen Kenngröße ermittelt und zum Adaptieren des Schwellenwertes an Änderungen der Laufruhe der Brennkraftmaschine verwendet. Insbesondere wird bei kleiner werdender Laufruhe der Schwellenwert vergrößert und bei größer werdender Laufruhe der Schwellenwert verringert.

Auf diese Weise lässt sich der Schwellenwert für die Aussetzererkennung ständig und automatisch an veränderliche Betriebszustände anpassen, was die Sicherheit der Aussetzererkennung entsprechend erhöht.

Der Streubereich für die Streuung der beschleunigungsabhängigen Kenngröße kann in beliebiger Weise festgelegt werden. Beispielsweise wird als Streubereich eine vorgegebene Zeitspanne oder eine vorgegebene Anzahl von Arbeitszyklen verwendet.

Das erfindungsgemäße Verfahren erhöht die Sicherheit und Genauigkeit der Aussetzererkennung im gesamten Betriebsbereich und während der gesamten Lebensdauer der Brennkraftmaschine. Insbesondere wird eine sichere Aussetzererkennung auch bei ungünstigen Betriebsphasen wie z.B. beim Aufheizen des Katalysators ermöglicht. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass es beim Kalibrieren der Brennkraftmaschine verwendet werden kann, so dass keine gesonderte Festsetzung eines Schwellenwertes für die Aussetzererkennung erforderlich ist. Dadurch vereinfacht sich das Kalibrierungsverfahren. All dies wird bei minimalem Rechen- und Speicheraufwand erreicht, was eine entsprechende Entlastung des elektronischen Betriebssteuergerätes bedeutet. Die Erfindung liefert somit einen Beitrag zur Optimierung des Betriebs der Brennkraftmaschine im Hinblick auf Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen.

Im Stand der Technik sind bereits Verfahren zur Laufruheregelung einer Brennkraftmaschine bekannt, bei denen die Verbrennung in den einzelnen Zylindern durch Ändern bestimmter Betriebsparameter wie eingespritzte Kraftstoffmenge, Zündzeitpunkt, etc. so korrigiert wird, dass sich die Laufruhe der Brennkraftmaschine erhöht. Verwiesen sei beispielsweise auf die DE 197 41 965 C1. Bei diesem Verfahren wird die Differenz zwischen Istwert und Sollwert einer charakteristischen Pro-

zessgröße, insbesondere einer von der Drehbeschleunigung der einzelnen Zylinder abhängige Prozessgröße zum Korrigieren der Verbrennung in den einzelnen Zylindern verwendet. Abweichungen der Drehbeschleunigungen zwischen den einzelnen Zylindern werden dann durch Ändern insbesondere der zugeteilten Kraftstoffmenge für jeden einzelnen Zylinder ausgeglichen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist nun vorgesehen, dass die Streuung der von der Beschleunigung der Brennkraftmaschine abhängigen Kenngröße zum Überprüfen des Ergebnisses der Laufruheregulierung verwendet wird. Wenn beispielsweise nach Durchführung der Laufruheregulierung und erfolgter Anpassung des Schwellenwertes immer noch Verbrennungsaussetzer in einem oder mehreren Zylindern auftreten, so erkennt das erfindungsgemäße Überprüfungsverfahren die Verbrennung dieses Zylinders bzw. dieser Zylinder als fehlerhaft. Hierdurch wird somit die Fehlfunktion des betreffenden Zylinders bestätigt bzw. verifiziert. Es kann dann eine Fehlermeldung erzeugt werden.

Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Adaptieren des Schwellenwertes die Streuung der beschleunigungsabhängigen Kenngröße ohnehin ermittelt wird, erfordert die Implementierung des beschriebenen Überprüfungsverfahrens nur einen geringfügigen zusätzlichen Aufwand.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Anhand der Zeichnung werden Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein Diagramm, in dem eine Kenngröße  $K$  (Beschleunigungsindex) über den Arbeitszyklen  $Z$  einer Brennkraftmaschine aufgetragen ist;

Fig. 2 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Adaptieren eines Schwellenwertes für eine Aussetzererkennung;

5 Fig. 3 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Überprüfen des Ergebnisses einer Laufruheregelung.

Wie eingangs erläutert, wird bei den herkömmlichen Aussetzererkennungsverfahren eine von der Beschleunigung der Brennkraftmaschine abhängige Kenngröße mittels eines Überwachungs- und Analyseverfahrens bei laufender Brennkraftmaschine ständig ermittelt und dann mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen. In Fig. 1 ist eine derartige Kenngröße K über den Arbeitszyklen Z einer Brennkraftmaschine aufgetragen. Bei der Kenngröße K handelt es sich im dargestellten Ausführungsbeispiel um einen Beschleunigungsindex, wie er beispielsweise aus der eingangs genannten US 5,056,360 bekannt ist.

Da es auf die Art des Überwachungs- und Analyseverfahrens zum Ermitteln der Kenngröße K im vorliegenden Zusammenhang nicht ankommt und im übrigen derartige Überwachungs- und Analyseverfahren bekannt sind, wird ~~hierauf nicht weiter eingegangen~~. Es genügt, darauf hinzuweisen, dass der Beschleunigungsindex ein Maß für die Beschleunigung der Kurbelwelle in einem bestimmten Betriebspunkt der Brennkraftmaschine darstellt.

25 Wenn der Beschleunigungsindex unter den Schwellenwert abfällt, so bedeutet dies, dass der betreffende Zylinder keinen oder nur einen unzureichenden Drehmomentbeitrag in diesem Betriebspunkt geliefert hat, was im allgemeinen auf einen Verbrennungsaussetzer zurückzuführen ist.

30

---

Statt des Beschleunigungsindex könnten jedoch auch andere von der Beschleunigung der Brennkraftmaschine abhängige Kenngrößen wie z.B. die sogenannten Segmentzeiten verwendet werden.

Bei den Segmentzeiten handelt es sich um die Zeitspannen, die die Kurbelwelle während der Arbeitstakte der einzelnen Zylinder zum Durchlaufen vorgegebener Winkelspannen benötigt. Da die Ermittlung und Auswertung von Segmentzeiten ebenfalls bekannt ist, braucht hierauf nicht weiter eingegangen zu werden.

Das Diagramm der Fig. 1 zeigt den Verlauf der Kenngröße K (Beschleunigungsindex). Auf der linken Seite des Diagramms ist die Kenngröße K bei einem optimalen Betrieb der Brennkraftmaschine dargestellt. Wie ersichtlich, ändert sich die Kenngröße K in diesem Betriebsbereich nur wenig. Die mit S bezeichnete Gerade stellt einen für diesen Betriebsbereich geeigneten Schwellenwert dar. Wenn die Kenngröße K in diesen Betriebsbereich unter den Schwellenwert S abfällt, zeigt dies einen Verbrennungsaussetzer VA an.

Wie ersichtlich, kommt es ungefähr ab dem 9. Arbeitszyklus zu erheblichen Ausschlägen der Kenngröße K. Dies bedeutet eine erhöhte Laufunruhe der Brennkraftmaschine, die auf ungünstige Betriebsbedingungen wie beispielsweise beim Aufheizen eines Katalysators zurückzuführen sind. Hierbei ist der extreme Abfall der Kenngröße K in dem 11. und 12. Arbeitszyklus auf Verbrennungsaussetzer VA zurückzuführen. Die Verbrennungsaussetzer VA lassen sich durch einen Vergleich mit dem Schwellenwert S unschwer erkennen. Bleibt der Schwellenwert S jedoch unverändert, so kommt es zur Erkennung von Verbrennungsaussetzern, obwohl tatsächlich keine Verbrennungsaussetzer aufgetreten sind. Der Schwellenwert S muss daher für einen Betrieb der Brennkraftmaschine mit erhöhter Laufunruhe entsprechend angepasst werden, was durch die mit S' bezeichnete Gerade angedeutet ist.



Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt eine selbsttätige Anpassung des Schwellenwertes  $S$  an die Laufruhe der Brennkraftmaschine. Eine Ausführungsform dieses Verfahrens wird nun anhand des Flussdiagramms der Fig. 2 näher erläutert.

5

Mittels eines herkömmlichen Aussetzererkennungsverfahrens wird ständig die Kenngröße  $K$  ermittelt (Schritt 1). Hierauf wird die Streuung der Kenngröße  $K$ , d.h. die Änderungen von  $K$ , innerhalb eines vorgegebenen Streubereiches bestimmt. Als  
10 Streubereich kann beispielsweise eine vorgegebene Zeitspanne oder eine vorgegebene Anzahl von Arbeitszyklen  $Z$  gewählt werden. Bleibt die Streuung im wesentlichen unverändert, so geht das Programm zurück zum Schritt 1.

15 Ändert sich jedoch die Streuung der Kenngröße  $K$ , so wird diese Änderung in einem Schritt 3 analysiert. Insbesondere wird geprüft, in welche Richtung und in welchem Ausmaß die Streuung der Kenngröße  $K$  sich verändert hat.

20 Je nach dem Ergebnis dieser Analyse wird dann der Schwellenwert  $S$  vergrößert oder verkleinert (Schritt 4). Im dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt diese Vergrößerung oder Verkleinerung des Schwellenwertes  $S$  zyklisch und schrittweise.  
.....

25 Auf diese Weise lässt sich der Schwellenwert  $S$  während der gesamten Lebensdauer der Brennkraftmaschine selbsttätig und kontinuierlich an die Laufruhe bzw. Laufunruhe der Brennkraftmaschine anpassen. So wird sichergestellt, dass auch bei  
30 ungünstigen Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine eine fehlerfreie Aussetzererkennung möglich ist.

---

Anhand des Flussdiagrammes der Fig. 3 wird ein weiterer Aspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert. Hierbei wird das anhand der Fig. 2 erläuterte Verfahren zum Überprüfen einer Laufruheregung der Brennkraftmaschine verwendet. Wie in der Beschreibungseinleitung bereits erläutert, sind im Stand der Technik (z.B. DE 197 41 965 C1) Verfahren zur Regelung der Laufruhe einer Brennkraftmaschine bekannt, bei denen durch Eingriff in die Zündung und/oder Kraftstoffeinspritzung unterschiedliche Drehmomentbeiträge der einzelnen Zylinder aneinander angeglichen werden, um die Laufruhe der Brennkraftmaschine zu verbessern. Das im Flussdiagramm der Fig. 3 veranschaulichte Verfahren dient zum Überprüfen des Ergebnisses einer derartigen Laufruheregung.

Ausgegangen wird wieder von einem herkömmlichen Aussetzererkennungungsverfahren, bei dem ständig die Kenngröße K ermittelt wird (Schritt 5). In einem Schritt 6 wird nun ein herkömmliches Laufruheregungsverfahren aktiviert, um die Laufruhe der Brennkraftmaschine zu verbessern.

Während dieser Zeit läuft nach wie vor das anhand des Flussdiagramms der Fig. 2 erläuterte Verfahren zum Adaptieren des Schwellenwertes S ab (Schritte 7 und 8). In einem Schritt 9 wird geprüft, ob die Laufruheregung beendet ist. Dies kann beispielsweise nach einer vorgegebenen Zeitspanne, einer vorgegebenen Anzahl von Arbeitszyklen oder bei Erreichen vorgegebener Grenzen für bestimmte Betriebsparameter der Fall sein.

Als Folge der Laufruheregung verringert sich die Streuung der Kenngröße K. Dies führt wiederum zu einer entsprechenden Adaption des Schwellenwertes S. Im Schritt 10 wird geprüft, ob diese Schwellenwertadaption beendet ist.

- Mit Hilfe der ständig durchgeführten Aussetzererkennung wird nach Beendigung der Schwellenwertadaption geprüft, ob es in einem (oder mehreren) Zylindern immer noch zu Verbrennungsaussetzern kommt (Schritt 11). Treten keine Verbrennungsaussetzer mehr auf, so kehrt das Programm zum Ausgangspunkt zurück. Zeigt sich jedoch, dass in einem (oder mehreren) Zylindern immer noch Verbrennungsaussetzer auftreten, so ist dies ein Zeichen dafür, dass die Verbrennung in dem betreffenden Zylinder aufgrund einer dauerhaften Fehlfunktion gestört ist. Es kommt dann zu einer Bestätigung der Aussetzererkennung (Schritt 12) und einer entsprechenden Eingabe in die Betriebssteuerung (Schritt 13).
- 15 Das beschriebene Verfahren ermöglicht somit eine höhere Sicherheit bei der Erkennung einer echten Fehlfunktion hinsichtlich der Verbrennung in einem oder mehreren Zylindern.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen von Verbrennungsaussetzern in einer Brennkraftmaschine, bei dem eine von der Beschleunigung der Brennkraftmaschine abhängige Kenngröße (K) mittels eines Überwachungs- und Analyse-Verfahrens bei laufender Brennkraftmaschine ständig ermittelt und aus einem Vergleich der Kenngröße (K) mit einem Schwellenwert (S) auf einen Verbrennungsaussetzer (VA) erkannt wird,
- 5 da d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Streuung der Kenngröße (K) ermittelt und zur Adaption des Schwellenwertes (S) an Änderungen der Laufruhe der Brennkraftmaschine verwendet wird.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, da d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass bei kleiner werdender Laufruhe der Schwellenwert (S) vergrößert und bei größer werdender Laufruhe der Schwellenwert verringert wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, da d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Adaption des Schwellenwertes (S) im Betrieb der Brennkraftmaschine laufend zyklisch wiederholt wird.
- 20 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass es bei der Kalibrierung der Brennkraftmaschine verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass als Streubreich für die Streuung der Kenngröße (K) jeweils eine vorgegebene Zeitspanne oder eine vorgegebene Anzahl von Arbeitszyklen verwendet wird.
- 30 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass es zylinderspezifisch durchgeführt wird.
- 35

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Laufruheregelverfahren dazu verwendet wird, die Verbrennung in Zylindern der Brennkraftmaschine zum Erhöhen der Laufruhe zu korrigieren,  
5     d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t, dass die Streuung der Kenngröße (K) zum Überprüfen des Ergebnisses der Laufruheregelung verwendet wird.
- 10   8. Verfahren nach den Ansprüchen 6 und 7,     d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, dass, wenn nach Durchführung der Laufruheregelung und erfolgter Anpassung des Schwellenwertes (S) immer noch Verbrennungsaussetzer in einem Zylinder auftreten, die Verbrennung dieses Zylinders als fehlerhaft er-  
15   kannt wird.

### Zusammenfassung

Verfahren zum Erkennen von Verbrennungsaussetzern in einer Brennkraftmaschine

5

Bei bekannten Verfahren dieser Art wird eine von der Beschleunigung der Brennkraftmaschine abhängige Kenngröße (K) mittels eines Überwachungs- und Analyseverfahrens ermittelt und mit einem Schwellenwert (S) verglichen. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Streuung dieser beschleunigungsabhängigen Kenngröße (K) zur Adaption des Schwellenwertes an Änderungen der Laufruhe der Brennkraftmaschine verwendet.

10

15

Figur 2

Fig. 1

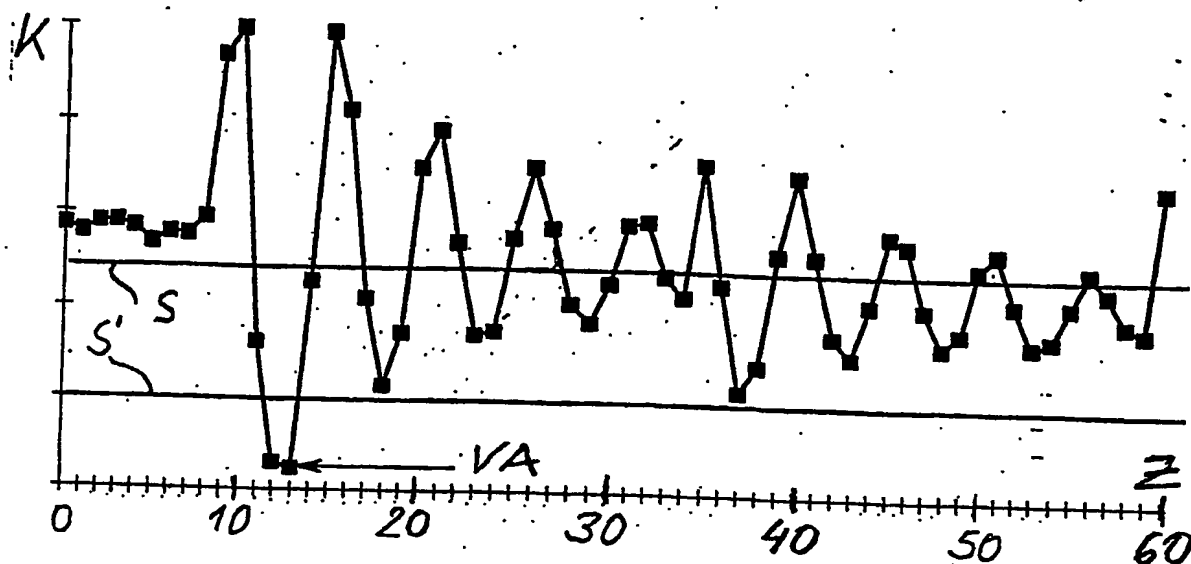


Fig. 2

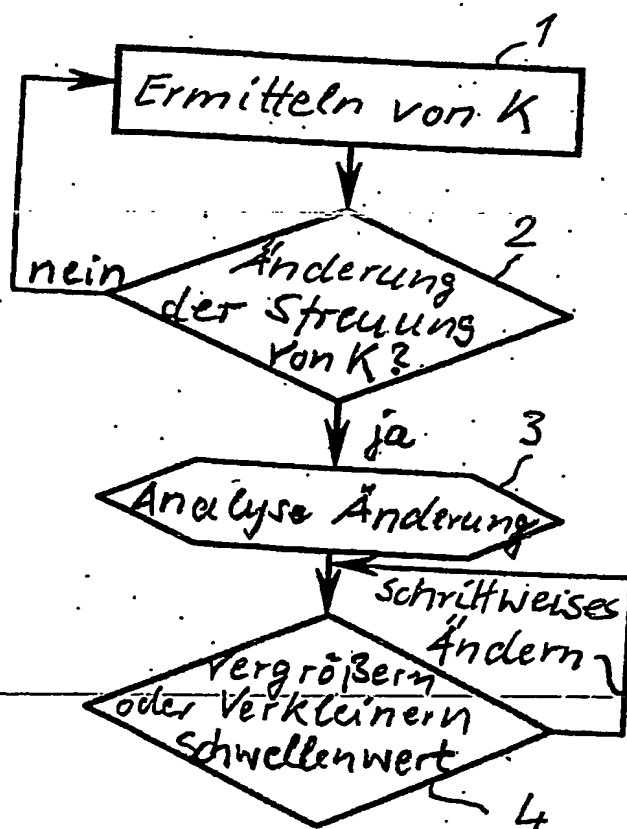


Fig. 3

